

상아질표면처리제에 의한 상아질표면의 형태변화에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

이응훈 · 최호영 · 민병순 · 박상진 · 최기운

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 논문사진부도
- 영문 초록

I. 서 론

치질과 수복물간의 영구적인 접착은 심미수복분야에서 가장 중요한 요구조건중의 하나이다. 접착이 중요한 이유는 치질과 수복물간의 접착결여로 발생된 변연누출로 인하여 타액 및 세균등이 침투함으로써 변연부착색, 수복물 변연파괴, 치아우식증, 슬루지각과민증및 치수병변등이 나타나 심미수복의 실패를 초래할 수 있기 때문이다¹⁾.

치질과 유사한 색조와 투명도를 요구하는 심미수복 재료로는 glass-ionomer cement과 레진을 들 수 있으며 이들의 유지력은 접착에 의한 것으로 알려져 있다. 접착은 두 표면간에 화학적 또는 기계적인 힘으로 결합되어 이들을

분리하기 위해서 힘이 필요한 현상을 말하며, 접착이 요구되는 심미수복재의 경우, 접착이 증가하면 수복물의 유지형태가 불필요하여 치질삭제가 최소화되며 변연부의 적합성이 우수하게 되어 변연부착색과 파괴및 2차우식증 발생이 감소하게 된다¹⁻³⁾.

치질에 대한 접착중 Buonocore⁴⁾가 법랑질에 대한 산부식법을 이용하여 법랑질과 수복물간의 접착증가를 시도한 후, 법랑질에 대한 접착의 증가는 향상되었으나 상아질에 대한 접착은 만족할만한 수준에 이르지 못하고 있다. 상아질에 대한 접착이 법랑질에 비하여 어려운 이유는 상아질의 조직학적 구조와 화학적 조성이 법랑질과는 다르기 때문이다. 즉 상아질은 무기성분 70%, 유기성분 20%, 수분 10%로 구성되어 있어 유기성분과 수분이 많으며 또한 상아세관내에 체액과 조상아세포돌기를 함유하고 있어 법랑질에 비하여 접착강도가 낮게 나타나는 것으로 보고된 바 있다⁵⁻⁷⁾.

와동형성시 발생하는 smear layer는 상아질에 대한 수복물의 접착강도에 영향을 주며 Eick등⁸⁾이 주사전자현미경상에서 smear layer를 최초로 관찰하였고 상아세관의 입구를 폐쇄하고 거칠고 오염된 상을 보이며, 법랑질과 상아질 절삭입자, 혈액, 타액및 세균등을 함유하고 있다⁹⁾. smear layer의 형태및 특성은 절

삭에 사용된 기구에 따라 다양하게 나타나고, smear layer는 상아질의 건조방법에 따라 두께가 다양하며, 부위에 따라 상아질의 무기성분과 유기성분 함량 및 상아세관 분포비율이 다르기 때문에, smear layer의 구성이 상아질의 부위에 따라 달라지므로 smear layer의 두께, 형태 및 화학적조성에 따라 접착에 영향을 미친다고 보고된 바 있다^{2,10-12}).

smear layer처리유무에 대하여 Douglas⁶⁾는 smear layer가 상아세관을 폐쇄하여 투과성을 감소시키기 때문에 임상적으로 효과적이고 자연적인 cavity liner로 작용한다고 보고하였으며, Pashley등¹³⁾은 6% citric acid로 smear layer를 제거한 결과 교합면과 협측상아질 모두에서 높은 상아질 투과성과 함께 낮은 접착강도가 나타남을 보고하였다.

한편 Bowen¹⁴⁾은 smear layer가 수복물의 접착을 방해하므로 제거되어야 한다고 주장하였고, Brännström과 Nyborg¹⁵⁾도 초기에 상아질에 단단하게 부착된 smear layer는 점차 느슨해지며 수주내에 세균 및 체액으로 채워진다고 보고함으로써 smear layer제거의 필요성을 강조하였다.

그러나 Pashley등¹⁶⁾ 및 Stanley등¹⁷⁾은 smear layer제거를 위하여 산처리한 경우 상아세관의 확장에 따라 상아질 투과성이 증가함으로써 상아질접착제의 효과적인 접착을 기대할 수 없다고 보고하였으나, Rauschenberger¹⁸⁾는 대부분 임상술식에서는 상아세관이 협소하게 된 우식 부위하방에 대한 표면처리를 하기 때문에 우식 상아질과 정상상아질의 투과성차이에 대한 상아질접착제의 연구가 이루어져야 한다고 보고한 바 있다.

Brännström과 Nordenvall¹⁹⁾, Nordenvall과 Brännström²⁰⁾ 및 Gwinnett등²¹⁾은 산처리후 복합레진이 상아세관내로 침투된 양상을 관찰함으로써 수복물의 기계적 결합이 가능하다고 보고한 바 있다.

그러나 상아질접착제의 기계적결합이외에 생체에 대한 적합성의 문제가 항상 제기되는데, Pashley등¹⁶⁾은 smear layer제거를 위한 산처리후 상아세관이 노출됨으로써 상아질 투과성

이 증가하여 치수병변이 일어날 수 있다고 보고하였으며, Stanley등¹⁷⁾과 Gwinnett²¹⁾도 간존상아질이 1.0 mm이하일 경우에는 산처리에 의하여 치수병변이 나타날 수 있다고 보고하였으나, Cox와 Snuggs²²⁾, Bertolotti²³⁾, Brännström²⁴⁾ 등은 치수병변발생은 사용한 산처리제가 원인어 아니라 치아와 수복물경계부의 세균침투가 주된 원인이라고 보고하였다.

smear layer를 기계적 또는 물리적인 방법으로 제거하기 어렵기 때문에 NaOCl²⁵⁾, phosphoric acid^{9,17,21,26,27)}, tannic acid^{3,25,28)}, EDTA^{25,29)}, polyacrylic acid^{3,25,30)}, maleic acid²⁵⁾, citric acid^{3,9,13,16,17)}, pyruvic acid^{25,30)} 및 10% citric acid-3% ferric chloride³¹⁾ 등의 각종 표면처리제를 이용하였다.

또한 Powis등³⁾, Bowen등³²⁾ 및 Fusayama³³⁾ 등은 smear layer를 제거하거나 용해시켰을 경우 수복물의 치질접착강도가 증가된다고 보고하였으나, Pashley등¹³⁾과 Torney²⁶⁾는 smear layer제거로 인하여 수복물의 접착강도가 오히려 감소됨을 보고하였다. Brännström과 Johnson⁹⁾, Prati등²⁵⁾, 조 등²⁷⁾ 및 안 등³⁰⁾은 주사전자현미경을 이용하여 산처리후의 상아질 표면변화를 관찰, 보고한 바 있다.

한편 Mount등³⁴⁾에 의하면, 이상적인 표면처리제는 삼투압 효과를 감소시키기 위하여 등장액이어야 하며, pH가 5.5-8.0 정도로 상아질, 치수, 치은조직에 독성이 없으며 수복물의 화학적성질에 적합하고 수용성이며 화학적으로 치아경조직을 파괴시키지 않고 접착을 향상시키기 위하여 화학적으로 표면을 강화시킬 수 있어야 한다고 보고한 바 있어 치질에 대한 상아질표면처리제의 소요조건을 언급한 바 있다.

이상의 연구보고를 토대로 저자는 현재 사용되고 있는 상아질표면처리제에 의한 상아질표면의 형태변화를 관찰하고자 상아질표면을 2종의 삭제기구로 삭제하고 5종의 상아질표면처리제를 각각 도포한 후, 상아질표면과 파단면에 나타나는 변화를 주사전자현미경상으로 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

치아우식이나 충전물이 없는 총 48개의 상하악 대구치를 발거직후 4°C 생리식염수에 보관하여 실험치아로 사용하였다. 상아질 표면 삭제기구로는 고속용 #301 diamond point (Batch No.0791, Shofu Inc., Japan)와 저속용 #700 carbide bur (Batch No. 071189, SS white Burs Inc., USA)를 사용하였고 상아질 표면처리제로는 nitric acid, citric acid, polyacrylic acid, EDTA 및 phosphoric acid 를 사용하였다 (Table 1 참조).

2. 실험방법

1) 시편제작

치아의 교합면측이 상방을 향하게 위치시킨 후 상아질이 완전히 노출되도록 교두정에서 3 mm되는 부위에 경조직 절단기 (Crystal Cutter MC-411D, Maruto Co., Japan)와 물을 사용하여 횡절단을 시행한 후 백아-법랑경계 상방 2 mm부위에서 교합면측 삭제와 평행하게 치경부측 횡절단을 시행하였다. 다음 시편표면조건을 표준화하기 위하여 48개 시편표면을 #600 silicone carbide paper로 연마하여 실험을 실시하였다. 또한 시편의 파단을 용이하게 하기 위하여 치경부측 횡절단부위의 중앙에 2.5 mm깊이의 직선홈을 형성하였다 (Fig. 1. 참조).

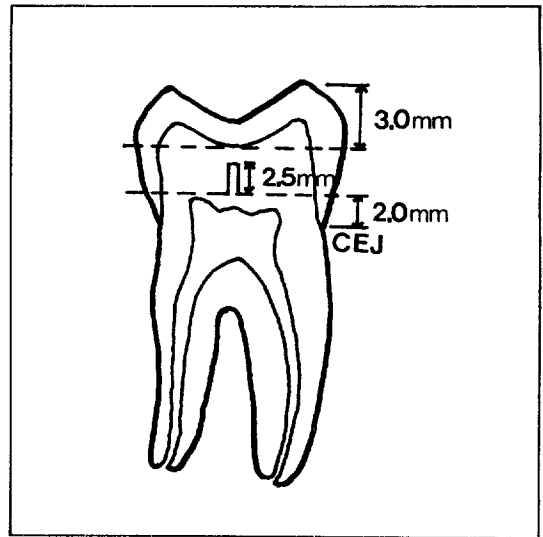


Fig. 1. Schematic diagram of prepared dentin surface for surface treatment

2) 실험군의 분류

절단, 연마된 치아를 4개씩 12개군으로 나누고 횡절단된 교합면측 상아질표면에 표면삭제기구 및 상아질표면처리제 사용에 따라 다음과 같이 실험을 시행하였다 (Table 2 참조). 1, 3, 5, 7, 9 및 11군은 상아질표면을 주수하에 고속용 #301 diamond point를 사용하고, 2, 4, 6, 8, 10 및 12군은 저속용 #700 carbide bur를 사용하여 bur의 회전축과 동일한 방향으로 삭제하였다. 1군과 2군은 대조군으로서 상아질 표면을 처리하지 않았으며 3군과 4군은 nitric acid, 5군과 6군은 citric acid, 7군과 8군은 polyacrylic acid, 9군과 10군은 EDTA를 소면구에 적셔 각각 30초간, 11군과 12군은 phosphoric acid를 소면구에 적셔 15초간 노출된 상아질표면에 도포하고 15초간 수세후 air syringe로 10초동안 건조하였다.

Table 1. DENTIN CONDITIONING AGENTS USED IN THIS STUDY

Dentin conditioning agent	Concentration (%)	Exposure Time (sec)	Batch No.	Manufacturer
Nitric acid	2.5	30	-	-
Citric acid	6.0	30	-	-
Polyacrylic acid	10.0	30	240491	G-C, JAPAN
EDTA	17.0	30	674767RZL874	Bayer, GERMANY
Phosphoric acid	37.0	15	558	Kuraray, JAPAN

Table 2. EXPERIMENTAL GROUPS IN THIS STUDY IN ACCORDING TO THE DENTIN CONDITIONING PROCEDURE

Group	Dentin surface treatment
1	Untreated after preparation with No.301 diamond point(Control group)
2	Untreated after preparation with No.700 carbide bur(Control group)
3	Treated with nitric acid after preparation with No.301 diamond point
4	Treated with nitric acid after preparation with No.700 carbide bur
5	Treated with citric acid after preparation with No.301 diamond point
6	Treated with citric acid after preparation with No.700 carbide bur
7	Treated with polyacrylic acid after preparation with No.301 diamond point
8	Treated with polyacrylic acid after preparation with No.700 carbide bur
9	Treated with EDTA after preparation with No.301 diamond point
10	Treated with EDTA after preparation with No.700 carbide bur
11	Treated with phosphoric acid after preparation with No.301 diamond point
12	Treated with phosphoric acid after preparation with No.700 carbide bur

3) 상아질 표면 및 파단면의 관찰

각군의 치아시편은 상아질표면처리후 치경부 측 상아질표면에 형성된 직선홈에 chisel을 삽입하여 파단시킨후 각 시편을 1시간동안 건조시켰다. 다음 모든 시편을 임계점건조시킨후 금증착(Eiko ion coater, Eiko engineering Co.)을 하고 주사전자현미경(Hitachi S-2300 SEM, Japan)을 이용하여 가속전압 20 KV로 상아질 표면과 파단면을 관찰하였다.

III. 실험성적

고속용 #301 diamond point와 저속용 #700 carbide bur로 상아질 표면을 삭제한 후 5종의 상아질표면처리제를 도포하여 나타나는 상아질 표면과 파단면의 변화양상에 대한 다음과 같은 결과를 얻었다.

1군 : diamond point로 상아질표면을 삭제한 대조군으로서, 상아질표면에 smear layer가 두껍고 치밀하게 형성되어 있으며 상아세관이나 관주상아질의 용기가 보이지 않았다. 파단면에 3-5 μ m깊이까지 많은 smear plug가 나타났다(Fig. 2).

2군 : carbide bur로 상아질표면을 삭제한 대조군으로서, 상아질표면의 smear layer형성이 뚜렷하였으나 1군에 비하여 치밀도가 경미하였다. 1군과는 달리 표면부의 상아세관 형태나 관주상아질의 용기가 관찰되었다(Fig. 3).

3군 : diamond point로 삭제된 상아질표면을 nitric acid로 처리한 군으로, 표면부위의 smear layer가 어느정도 제거되었고 대부분의 상아세관이 노출되었으나 부분적으로 상아세관의 모습이 불분명하였으며 대부분의 상아세관의 입구가 막혀 있었다. 파단면에서 smear plug는 완전히 제거되지 않았으며, 상아세관의 입구가 확장되었고 관주상아질의 용해는 관찰되지 않았다(Fig. 4).

4군 : carbide bur로 삭제된 상아질표면을 nitric acid로 처리한 군으로, 3군과 유사한 표면변화상이 관찰되었으며 관주상아질과 관간상아질의 경계를 구별할 수 없었다. 또한 파단면에서 상아세관입구를 폐쇄하고 있는 smear plug도 관찰되었다(Fig. 5).

5군 : diamond point로 삭제된 상아질표면을 citric acid로 처리한 군으로, 표면부위의 smear layer는 대부분 제거되었고 상아세관이 개방되어 있었으며 파단면상에서 smear plug는 거의 제거되었으며 관주상아질의 용해도 확인되었다. 상아세관의 입구도 확장되어 있었다(Fig. 6).

6군 : carbide bur로 삭제된 상아질표면을 citric acid로 처리한 군으로, 상아질표면 부위에서 형성된 대부분의 smear layer가 제거된 양상이었으며 대부분의 상아세관이 노출되고 개방되어 있었다. 파단면상의 smear plug도 제거되었으며 상아세관입구의 확장과 관주상아

질의 용해상도 어느정도 관찰되어 5군의 양상과 유사하였다(Fig. 7).

7군 : diamond point로 삭제된 상아질표면을 polyacrylic acid로 처리한 군으로, 표면의 smear layer는 대부분 제거되었고 부분적으로 상아세관의 개방이 나타났다. 파단면상에서 smear plug는 잔존되어 있고 관주상아질의 용해나 상아세관의 확장도 나타나지 않았다(Fig. 8).

8군 : carbide bur로 삭제된 상아질표면을 polyacrylic acid로 처리한 군으로, 7군에서 나타난 관찰상과 유사하였으며, 표면부위의 smear layer는 제거되었으며 부분적으로 상아세관의 입구가 노출되었으나 파단면상에서 잔존하는 smear plug가 많이 관찰되었고 관주상아질의 용해 및 상아세관확장은 확인할 수 없었다(Fig. 9).

9군 : diamond point로 삭제된 상아질표면을 EDTA로 처리한 군으로, 표면부위의 smear layer가 어느정도 제거되었고 상아세관이 대부분 노출되었다. 그러나 파단면에서는 smear plug가 완전히 제거되지 않았으며 상아세관 입구의 확장은 나타나지 않았다. 또한 관주상아질과 관간상아질의 경계가 불분명하였다(Fig. 10).

10군 : carbide bur로 삭제된 상아질표면을 EDTA로 처리한 군으로, 9군과 유사하게 상아질표면부위의 smear layer는 제거되었으며 상아세관도 노출되었다. 파단면상에서 상아세관내에 존재하는 smear plug도 관찰되었으며 관주상아질의 용해나 상아세관입구의 확장은 거의 없었다(Fig. 11).

11군 : diamond point로 삭제된 상아질표면을 phosphoric acid로 처리한 군으로, 표면의 smear layer는 완전히 제거되었고 상아세관의 구조가 노출되며 개방되어 있었으며 또한 관주상아질의 용해상도 나타났다. 파단면상에서 smear plug는 완전히 제거되었으며 상아세관 입구가 funnel-shape으로 확장되어 있었다(Fig. 12).

12군 : carbide bur로 삭제된 상아질표면을 phosphoric acid로 처리한 군으로, 11군과 유

사한 양상이 관찰되었으며 상아세관의 입구가 확장되어 있고 표면부의 smear layer가 완전히 제거된 양상을 보였으며 파단면부위에서는 관주상아질 용해와 더불어 smear plug의 제거가 나타났다(Fig. 13).

IV. 총괄 및 고안

치아경조직에 대한 수복물의 접착을 향상시키기 위한 많은 방법중 범랑질과 레진수복물사이의 접착증가를 위한 산부식법이 고안됨으로써 범랑질에서의 접착은 상당한 개선을 이루었으나 상아질에서는 유기성분 및 수분의 함량이 많을 뿐만 아니라 체액과 조상아세포돌기로 가득찬 상아세관들이 함유되어 있어 레진수복물과의 접착이 용이하지 않다¹⁻⁶⁾.

수용기구나 회전삭제기구를 사용한 경조직 삭제시에 형성되는 smear layer는 수복물의 접착강도를 저하시키는 것으로 알려져 있고, 특히 상아질의 smear layer는 상아세관의 입구를 폐쇄시키고 범랑질과 상아질결실입자, 혈액, 타액 및 세균등을 함유하고 있으며 1 내지 5 μ m 두께의 미세입자로 구성되어 있다⁸⁻¹⁰⁾. 이러한 smear layer의 양과 질은 시술조건과 환경에 의해 좌우될 수 있으며 대부분의 회전삭제기구는 groove와 같은 표면의 비정상적인 구조물을 형성하게 된다¹⁰⁾. 또한 smear layer의 두께는 상아질의 건조여부, 와동의 크기와 형태, 세척제의 양과 구성성분, 삭제기구의 형태에 좌우되는데 거친 diamond bur가 carbide fissure bur보다, dry preparation이 wet preparation보다 더 두꺼운 smear layer를 형성하는 것으로 알려져 있다^{8,11)}.

통상의 방법으로 제거가 곤란한 smear layer를 산처리한 경우 무기성분등이 제거될 수 있는데 상아질표면을 산처리한 경우, 상아세관이 노출되어 산이 확산이나 도세관현상등에 의해 치수에 도달될 수 있으나 상아세관내 체액의 정수압에 의하여 산의 치수내 침투가 억제되기도 한다¹⁸⁾.

Pashley등³⁸⁾은 상아질에 대한 산처리는 산의 농도, 노출시간, 점주도 및 분자량에 의해 좌우

될 수 있으며 상아질의 투과성 및 흡윤성 증가, 치수 자극의 잠재성, 교원섬유의 변성, 탈회 정도와 이에 따른 불규칙한 레진 tag의 형성 등이 발생될 수 있기 때문에 산처리제의 사용에 대한 적절한 기준이 필요하다고 역설한 바 있다.

Gwinnett¹⁰⁾은 사용기구와 방법에 따라 smear layer가 다양하게 나타난다고 하였고 Tao⁷⁾은 연마에 사용된 연마지나 diamond bur가 거칠수록 두껍고 느슨한 smear layer가 생성되며, fine diamond bur는 얇고 치밀한 smear layer가 생성된다고 하였으나 silicone carbide 연마지의 grit의 크기와 삭제기구에 따른 상아질에 대한 접착강도의 통계학적 유의성은 없었음을 보고한 바 있다. Brännström³⁶⁾은 저속연마기구 또는 수용기구를 사용할 경우에 비하여 고속으로 삭제시 smear layer가 상아질표면에 더욱 치밀하고 강력하게 부착된다고 보고하였는데 본 실험의 1군과 2군에서도 사용기구와 방법에 따라 smear layer의 두께 및 치밀도가 달리 나타남을 관찰하였는데 저속용 삭제기구를 사용한 2군보다는 고속용 삭제기구를 사용한 1군에서 형성된 smear layer가 더욱 치밀한 양상이 관찰되었다.

Bowen³²⁾은 상아질에 대한 접착은 smear layer처리여부에 따라 좌우되고 이 층을 제거하거나 변형시키기 위해 cleanser 혹은 mordant를 사용할 수 있으며 cleanser의 사용으로 smear layer를 제거시키거나 acidic mordant로써 oxalate의 금속염의 사용으로 상아질을 부식시키고 결정성 물질로 상아세관을 폐쇄시켜 상아질의 표면구조를 변화시킴으로써 접착을 개선시킬 수 있다고 보고하였으며, 또한 smear layer를 강화하기 위한 목적으로 계면 활성제인 NPG-GMA와 NTG-GMA, 상아질결합제인 PMDM, 4-META를 소개하였다.

Wendt³⁷⁾도 cleanser의 구성성분에 따라 접착강도가 좌우되며 cleanser사용으로 접착강도가 증가하면 중합수축과 열팽창계수로 인한 복합레진 탈락을 감소시킬 수 있다고 하였으며, Powis³⁾은 25% tannic acid와 polyacrylic acid로 상아질표면처리시 무처리군과 비교하여 2배 이상의 접착강도를 보고하였다.

Tagami³¹⁾은 10% citric acid-3% ferric chloride의 사용이 smear layer 제거에 매우 효과적이며 습기있는 표면, 즉 상아질에 더욱 내구성을 지닌 상아질접착제로서 4-META를 첨가시킨 친수성 Methylmethacrylate monomer bonding system을 개발하였고, 이와 같은 monomer를 10% citric acid-3% ferric chloride용액으로 처리된 상아질에 직접 적용시키면, 부식된 관간상아질과 관주상아질에 존재하는 미세한 기공내로 레진의 침투가 더욱 용이하게 되어 접착강도가 증가될 수 있다고 보고한 바 있다.

그러나 Brännström과 Nordenvall¹⁹⁾, Nordenvall과 Brännström²⁰⁾은 상아질을 37% phosphoric acid로 처리한 다음 레진을 적용시켜 상아세관내로 침투된 레진 tag의 형성을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 phosphoric acid로도 상아질표면처리가 가능하고 상아질에 대한 적용시간은 5초로 제한하여도 상아세관을 노출시킬 수 있으며 확장이 충분하다고 보고하였으며, Gwinnett²¹⁾은 레진의 상아질에 대한 접착강도는 사용된 산의 종류와 더불어 산처리 후 건조조건에 따라 레진 tag의 형성이 달라짐을 보고하였다.

또한, 최근에 상아세관내의 레진 tag형성보다도 관간상아질내로의 접착제 침투로 나타나는 hybrid layer의 형성이 레진의 상아질에 대한 접착에 더욱 중요하다고 주장^{39,40)}하고 있어 상아질에 대한 레진의 접착은 기계적 결합과 더불어 상아질을 유기화시킨 후 레진과의 화학적결합이 중요함을 알 수 있다.

Nitric acid는 phosphoric acid보다 산도가 높아 smear layer제거뿐만 아니라 상아질의 형태를 파괴시킬 우려가 있으나, 상아질접착제인 Tenure®, Mirage Bond® 및 Restobond 3® 등의 제품내에 저농도의 nitric acid를 함유한 상아질표면처리제가 포함되어 있어⁴²⁾ 본 실험에서도 2.5%의 낮은 농도로 사용하였다. 그러나, 본 실험에서 nitric acid로 처리한 3군과 4군에서 smear layer의 제거가 나타났으나 미약하였고 상아세관내에 smear plug가 잔존되어 있었으며 관주상아질의 용해나 상아세관입

구의 확장모습은 발견되지 않았다. 또 citric acid로 처리한 5군과 6군에서 표면부위의 smear layer제거와 대부분의 상아세관의 노출, smear plug의 불완전제거양상은 Pashley 등¹⁶⁾의 연구결과와 유사하게 나타났다.

Polyacrylic acid는 치질과 수소결합할 수 있는 carboxyl기를 포함하고 있기 때문에 상아질표면에 효과적인 세척 및 습윤력을 부여할 수 있고 치질표면의 Ca⁺⁺등의 무기질을 미약하게 용해시키며 상아세관을 개방시키나 상아질표면을 붕괴시키거나 상아세관을 확대시키지 않기 때문에 상아질수복재의 치질에 대한 화학결합을 방해하지 않는다⁴¹⁾.

Prati 등²⁵⁾은 10% polyacrylic acid를 10초 동안 처리시 상아질표층의 smear layer는 부분적으로 제거되나 상아세관내의 smear plug는 남아있는 것을 관찰하였고, 안 등²⁹⁾도 polyacrylic acid로 20초간 상아질표면을 처리한 경우 smear layer 제거효과는 뚜렷하였으나 상아세관의 개방이나 관주상아질의 용해를 볼 수 없었다고 하였으며, Powis 등³¹⁾은 25% polyacrylic acid를 30초 동안 적용하여 상아세관이 어느정도 노출되고 polishing groove가 거의 제거된 양상을 보고한 바 있다. 본 실험에서는 10% polyacrylic acid로 30초 처리함으로써 smear layer는 대부분 제거되었으나, 상아세관내의 smear plug는 부분적으로 남아 있음이 관찰되어 polyacrylic acid의 농도와 산처리시간에 대한 연구는 계속되어야 할 것이다.

본 실험에서 EDTA의 30초간 적용으로는 smear layer제거효과가 미약한 것으로 나타났으나 Prati 등²⁵⁾은 1분간의 EDTA의 사용으로 smear layer와 smear plug가 완전히 제거되나 세관입구와 관주상아질 기질내의 교원섬유가 발견된다고 보고하여 본 실험결과와 상이한 관찰상을 나타내었다. 이런 이유는 적용시간의 차이에서 기인하는 것으로 사료된다.

범랑질에서 smear layer제거에는 30-65% 농도의 phosphoric acid가 가장 효과적인 산부식제로 알려져 있으나, 동일한 농도의 phosphoric acid를 상아질에 적용시에는 smear layer와 함께 관주상아질도 용해되어 상아세관

내부가 넓어지거나, 교원섬유의 기질이 변성될 수 있다¹⁰⁾.

본 실험에서는 37% phosphoric acid로 15초간 처리하여 smear layer와 smear plug의 완전한 제거, 상아세관 개방 및 상아세관 입구의 funnel-shape형성, 그리고 관주상아질의 용해상을 관찰할 수 있었다. Torney²⁶⁾는 37% phosphoric acid를 상아질에 사용시 산처리한 경우에 비하여 무처리한 경우 더욱 큰 유지력을 관찰하였으며 조 등²⁷⁾은 상아질표면에 30% phosphoric acid를 60초간 적용한 실험에서 smear layer가 제거되지 않았다고 보고하였으나, 본 실험의 결과와는 다소 차이가 있어 phosphoric acid로 상아질표면을 산처리하는 것은 신중을 기하여야 할 것으로 사료된다.

본 실험에서 동일한 상아질표면처리제를 적용한 #301 diamond point삭제군과 #700 carbide bur삭제군간에는 상아질표면변화가 거의 유사함을 발견할 수 있었으며, 안 등²⁹⁾도 상아질표면을 #400 silicon carbide paper를 사용하여 연마 삭제한 후 3% H₂O₂, 10% polyacrylic acid 및 Scotchprep으로 각각 처리하여 상아질표면을 관찰한 결과 동일한 상아질표면처리제로 도포한 #400 silicon carbide paper연마군과 #700 carbide bur 삭제군간의 상아질표면 구조차이를 발견하지 못함을 보고하였다. 이와 같이 서로 다른 기구를 사용하여 형성된 smear layer일지라도 상아질표면처리제의 농도와 처리시간이 동일한 경우에는 상아질표면의 변화차이가 없는 것으로 나타났다.

삭제된 상아질표면의 smear layer를 상아질표면처리제로 처리 제거하거나 변형시켜 상아질에 대한 수복물의 접착을 증가시킬 수 있다는 이상의 연구를 통하여 임상에서의 상아질표면처리제 사용이 필수적이라고 사료되나 상아질표면처리제에 대한 부작용들이 보고되고 있는 바, 앞으로 기계적인 결합강도를 증가시키는 방법을 개선하고 화학적인 결합을 유도하여 접착강도를 증가시키며 치수 및 생체에 대한 친화성이 있는 상아질표면처리제에 대한 지속적인 연구와 개발이 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

48개의 상악 대구치 치관부를 횡절단하여 노출된 상아질표면을 #600 silicon carbide paper로 연마하고 다시 #301 diamond point (1, 3, 5, 7, 9 및 11군)과 #700 carbide bur(2, 4, 6, 8, 10 및 12군)를 사용하여 절단된 상아질표면을 삭제한 후 상아질표면을 nitric acid, citric acid, polyacrylic acid, EDTA 및 phosphoric acid로 각각 처리하고, 사용된 절삭기구와 상아질표면처리방법에 따라 대조군을 포함한 12개군으로 나눈 다음, 주사전자현미경을 이용하여 smear layer의 제거정도 및 상아질 표면과 파단면의 변화를 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Diamond point를 사용한 대조군(1군)에서 형성된 smear layer가 carbide bur를 사용한 대조군(2군)에 비하여 치밀한 양상을 보였다.

2. Diamond point와 carbide bur만 사용한 대조군(1, 2군)에서는 smear layer가 두껍게 형성되었으나 상아질표면처리제로 처리한 군(3-12군)에서는 smear layer가 제거된 양상을 보였다.

3. 동일표면처리제를 사용시 diamond point 사용군(3, 5, 7 및 11군)과 carbide bur 사용군(4, 6, 8, 10 및 12군)에서 상아질의 조직학적 변화의 차이는 없었다.

4. Nitric acid 처리군(3, 4군)과 EDTA 처리군(9, 10군)에서는 상아질표면의 smear layer 제거가 경미하였다.

5. Citric acid 처리군(5, 6군)과 phosphoric acid 처리군(11, 12군)에서는 smear layer의 제거가 뚜렷하였으며, 관주상아질의 용해와 상아 새관입구가 크게 개방되었다.

REFERENCES

1. Phillips R.W.: New concepts in materials used for restorative dentistry. *J Am Dent Assoc*, 70:652-661, 1965.

2. Causton B.E.: Improved bonding of composite restorative to dentine. A study in vitro of the use of a commercial halogenated phosphate ester. *Br Dent J*, 156:93-95, 1984.
3. Powis D.R., Follerås T., Merson S.A., and Wilson A.D.: Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res*, 61:1416-1422, 1982.
4. Buonocore M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*, 34:849-853, 1955.
5. Tencate A.R.: Dentin-Pulp Complex. In: *Oral Histology. Development, Structure, and Function: The C.V. Mosby Co.*, 3rd ed., pp. 157, 1989.
6. Douglas W.H.: Clinical status of dentin bonding agents. *J Dent*, 17:209-215, 1989.
7. Tao L., Pashley D.H., and Boyd L.: Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths. *Dent Mater*, 4:208-216, 1988.
8. Eick J.D., Wilko R.A., Anderson C.H., and Sorensen S.E.: Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*, 49:1359-1368, 1970.
9. Brännström M. and Johnson G.: Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: A scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent*, 31:422-430, 1974.
10. Gwinnett A.J.: Smear layer: Morphological considerations. *Oper Dent*, Supplement 3: 3-12, 1984.
11. Pashley D.H.: Smear layer: Physiological considerations. *Oper Dent*, Supplement 3: 13-29, 1984.
12. Suzuki T. and Finger W.J.: Dentin adhe-

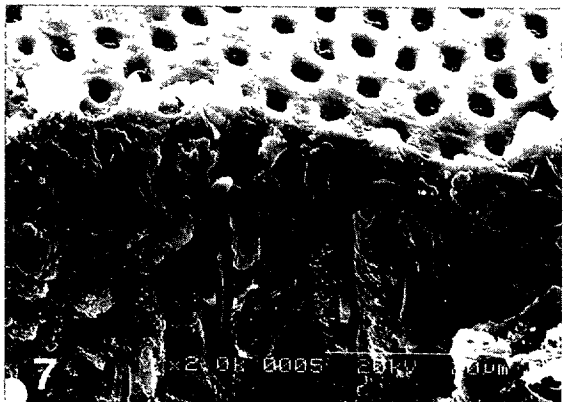
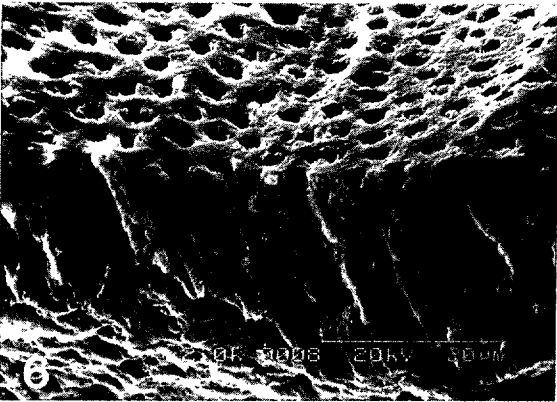
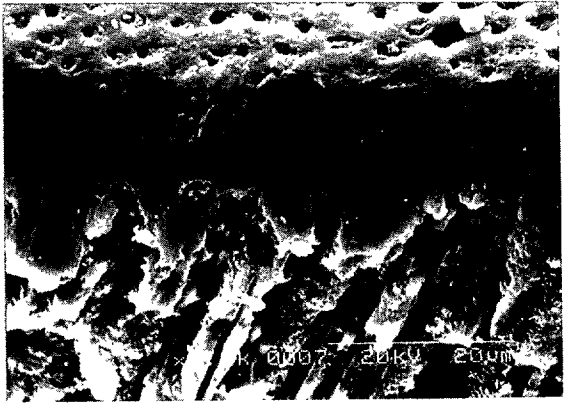
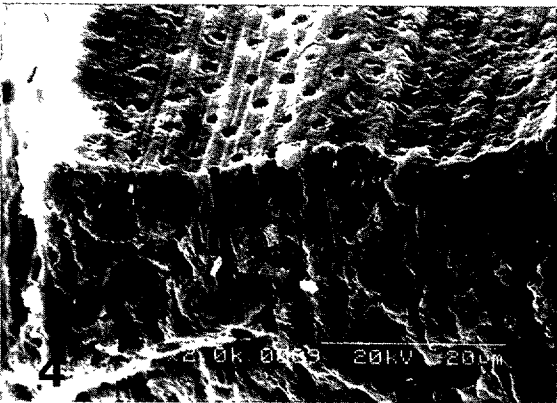
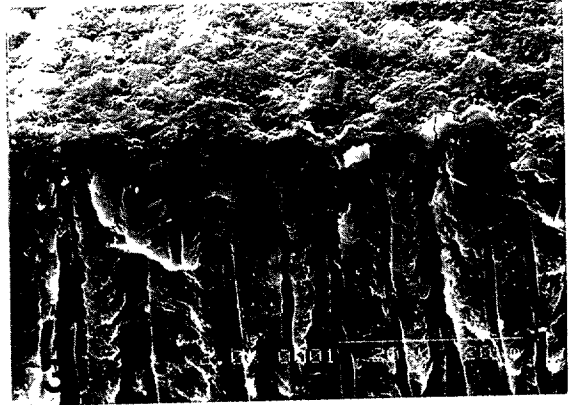
- sives: site of dentin vs. bonding of composite resins, *Dent Mater*, 4:379-383, 1988.
13. Pashley E.L., Tao L., Derkson G., and Pashley D.H.: Dentin permeability and bond strengths after various surface treatments. *Dent Mater*, 5:375-378, 1989.
 14. Bowen R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues-solubility of dentinal smear layer in dilute acid buffers. *Int Dent J*, 28:97-107, 1978.
 15. Brännström M. and Nyborg H.: Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: Growth of bacteria and effect on the pulp, *J Prosthet Dent*, 30:303-310, 1973.
 16. Pashley D.H., Michelich V., and Kehl T.: Dentin permeability: Effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*, 46:531-537, 1981.
 17. Stanley H.R., Going R.E., and Chauncey H.H.: Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration. *J Am Dent Assoc*, 91:817-825, 1975.
 18. Rauschenberger C.R.: Dentin permeability. The clinical ramifications. *Dent Clin North Am*, 36:527-542, 1992.
 19. Brännström M. and Nordenvall K.J.: The effects of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration: A scanning electron microscopic investigation. *J Dent Res*, 56:917-923, 1977.
 20. Nordenvall K.J., and Brännström M.: In vivo resin impregnation of dentinal tubules. *J Prosthet Dent*, 44:630-637, 1980.
 21. Gwinnett A.J.: The Morphologic relationship between dental resins and etched dentin. *J Dent Res*, 56:1155-1160, 1977.
 22. Cox C.F. and Snuggs H.M.: Biological considerations regarding the acid theory of dental pulp necrosis. *J Dent Res*, 69:356 (Abs. No. 1980), 1990.
 23. Bertolotti R.L.: Total etch-the rational dentin bonding protocol. *J Esthet Dent*, 3:1-6, 1991.
 24. Brännström M.: The cause of postoperative sensitivity and its prevention, *J Endod*, 12:475-481, 1986.
 25. Prati C., Montanari G., Biagini G., Fava F., and Pashley D.H.: Effects of dentin surface treatments on the shear bond strength of Vitrabond. *Dent Mater*, 8:21-26, 1992.
 26. Torney D.L.: The retentive ability of acid-etched dentin. *J Prosthet Dent*, 39:169-172, 1978.
 27. 조진호, 최호영, 민병순, 박상진 : 수중 표면처리제에 의한 상아질표면의 형태변화에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 13 : 323-334, 1988.
 28. Bitter N.C.: Tannic acid for smear layer removal: Pilot study with scanning electron microscope. *J Prosthet Dent*, 61:503-507, 1989.
 29. Brännström M., Nordenvall K.J., and Glantz P.O.: The Effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: An in vivo study. *J Dent Res*, 59:1127-1131, 1980.
 30. 안현미, 손호현 : 상아질처리제에 의한 상아질 표면 도말층의 제거에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 14 : 65-76, 1989.
 31. Tagami J., Tao L., and Pashley D.H.: Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins, *Dent Mater*, 6:45-50, 1990.
 32. Bowen R.L., Cobb E.N., and Rapson J.E.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res*, 61:1070-1076, 1982.
 33. Fusayama T., Nakamura M., Kurosaki N., and Iwaku M.: Non-pressure adhesion of

- a new adhesive restorative resin. *J Dent Res*, 58:1364-1370, 1979.
34. Wilson A.D. and McLean J.W.: Adhesion: In *Glass-Ionomer Cement*. Quintessence Publishing Co., pp. 83-99, 1988.
 35. Stanford J.W.: Bonding of restorative materials to dentine. *Int Dent J*, 35:133-138, 1985.
 36. Brännström M.: Dentin and pulp in restorative dentistry. Wolfe Medical Publications Ltd, pp. 91-108, 1982.
 37. Wendt S.L., Jebeles C.A., and Leinfelder K.F.: The effect of two smear layer cleansers on shear bond strength to dentin. *Dent Mater*, 6:1-4, 1990.
 38. Pashley D.H., Horner J.A., and Brewer P.D.: Interactions of conditioners on the dentin surface. *Oper Dent, Supplement 5*: 137-150, 1992.
 39. Erickson R.L.: Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent. Supplement 5*:81-94, 1992.
 40. Nakabayashi N.: Adhesive bonding with 4-META. *Oper Dent, Supplement (5)*:125-130, 1992.
 41. McLean J.W., Prosser H.J., and Wilson A.D.: The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Br Dent J*, 158:410-414, 1985.
 42. Bertolotti R.L.: Conditioning of the dentin substrate. *Oper Dent, Supplement 5*:131-136, 1992.

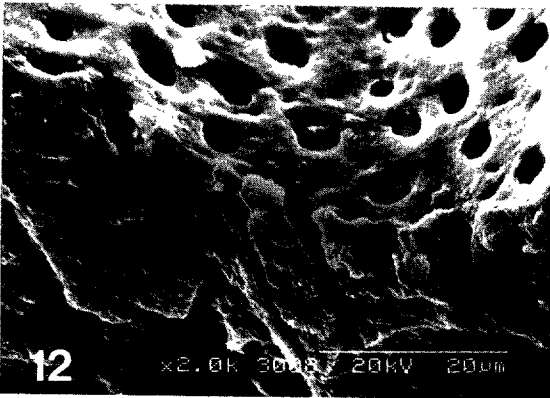
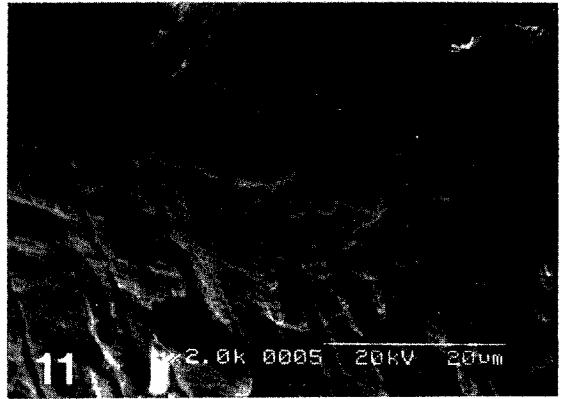
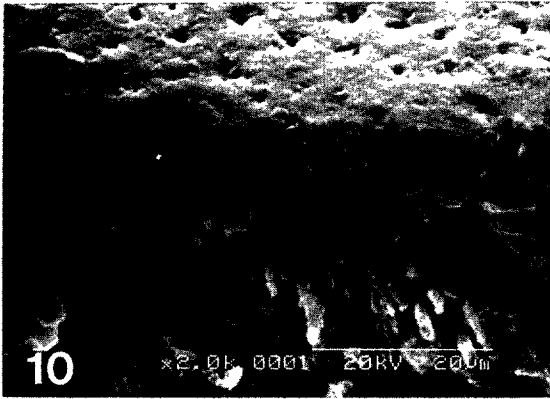
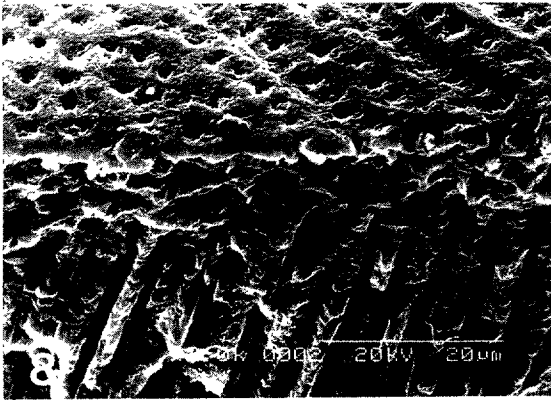
EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface untreated (Control) after preparation with No. 301 diamond point (X2000)
- Fig. 3.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface untreated (Control) after preparation with No. 700 carbide bur (X2000)
- Fig. 4.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 2.5% nitric acid after preparation with No. 301 diamond point (X2000)
- Fig. 5.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 2.5% nitric acid after preparation with No. 700 carbide bur (X2000)
- Fig. 6.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 6% citric acid after preparation with No. 301 diamond point (X2000)
- Fig. 7.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 6% citric acid after preparation with No. 700 carbide bur (X2000)
- Fig. 8.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 10% polyacrylic acid after preparation with No. 301 diamond point (X2000)
- Fig. 9.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 10% polyacrylic acid after preparation with No. 700 carbide bur (X2000)
- Fig. 10.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 17% EDTA after preparation with No. 301 diamond point (X2000)
- Fig. 11.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 30 secs with 17% EDTA after preparation with No. 700 carbide bur (X2000)
- Fig. 12.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 15 secs with 37% phosphoric acid after preparation with No. 301 diamond point (X2000)
- Fig. 13.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated for 15 secs with 37% phosphoric acid after preparation with No. 700 carbide bur (X2000)

논문 사진부도 ①



논문 사진부도 ②



A STUDY ON MORPHOLOGIC CHANGES OF DENTINAL SURFACES BY DENTIN CONDITIONING AGENTS

Eung - Hoon Lee, Ho - Young Choi, Byung - Soon Min,
Sang - Jin Park, Gi - Woon Choi

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

The purpose of this study is to observe the morphological changes of prepared dentin surfaces by 5 dentin conditioning agents.

Freshly extracted 48 healthy human molars were used in this study. The teeth were stored at 4°C physiologic saline solution before experiment.

The teeth were cross-sectioned to expose dentin below 3.0mm at the cusp tip and above 2.0mm at the cemento-enamel junction with Crystal Cutter (MC411D, Maruto Co., Japan).

The specimens were then divided into 12 groups.

The sectioned dentin surfaces in group 1, 3, 5, 7, 9, and 11 were prepared with No. 301 diamond point under air-water spray and those in group 2, 4, 6, 8, 10, and 12 were prepared with No. 700 carbide bur.

The prepared dentin surfaces were conditioned with Nitric acid, Citric acid, Polyacrylic acid, EDTA, and Phosphoric acid.

All the specimens were gold-coated with Eiko ion coater (Eiko-engineering Co.) and observed in Hitachi S-2300 Scanning electron microscope at 20 KV.

The following results from this study were obtained;

1. The dentinal smear layers prepared with diamond point were compacted than those prepared with the carbide bur.
2. The dentinal smear layers prepared with diamond point or carbide bur were thick but after treatment of dentin conditioning agents smear layers were removed almost.
3. Irrespective of the uses of the diamond point or the carbide bur the morphological changes of dentin surfaces treated with the same conditioning agents were similar.
4. Treatment of nitric acid and EDTA was a little effect in removing dentinal smear layer.
5. Treatment of citric acid and phosphoric acid removed the smear layer very effectively and showed dissolution of peritubular dentin and opening of dentinal tubules.